I CEMACYC
I Congreso de Educación Matemática de América Central y El Caribe
6 al 8 noviembre. 2013
i.cemacyc.org
Santo Domingo, República Dominicana

La modelación matemática en ingeniería de diseño

Paula Andrea **Rendón-Mesa**
Facultad de Educación, Universidad de Antioquia
Colombia
rendonmesa@hotmail.com
Pedro Vicente **Esteban** Duarte
Departamento de Ciencias Básicas, Universidad EAFIT
Colombia
pesteban@eafit.edu.co

Resumen

El propósito de este artículo es discutir cómo la Modelación Matemática puede convertirse en una herramienta de formación para los ingenieros, propiamente en la Ingeniería de diseño, vinculando situaciones contextuales. El estudio se realiza con estudiantes de dicho programa, los cuales durante el semestre realizan actividades correspondientes a su proceso formativo que se denominan: fase de exploración, fase de investigación y fase de síntesis. Por último, se plantea la necesidad de pensar la Modelación Matemática, como una alternativa donde el estudiante construya una "realidad" y responda a las exigencias actuales de tener un saber específico y aplicarlo a un contexto, generando una articulación entre el saber matemático y el saber propio de la Ingeniería para que pueda responder a las exigencias actuales del campo laboral.

Palabras clave: modelación matemática, ingeniería, diseño, contexto.

Ingeniería, matemáticas y contexto

En la formación de un ingeniero se ha reconocido que las matemáticas son un aspecto fundamental porque se consideran un área del conocimiento que prepara al estudiante para

desempeñarse tanto académica como laboralmente; de esta manera, se espera que el futuro ingeniero pueda solucionar, diseñar, resolver problemas; haciéndose productivo, creativo y competente para modificar el entorno. En este sentido, el papel de las matemáticas en la formación de un ingeniero debe constituirse como un componente que le debe permitir solucionar problemas, es decir, establecer conexiones entre las matemáticas y la realidad propia del contexto cotidiano, académico o profesional del campo de formación ingenieril; en palabras de Camarena (2012) es necesario que el proceso de formación de los futuros profesionales integre los saberes con el contexto lo que plantea diversos retos para la enseñanza de las matemáticas.

Sin embargo, buscar este vínculo requiere de retos en la enseñanza de las matemáticas, donde los contextos o situaciones particulares se conviertan en herramientas de exploración que dotan de comprensiones y sensibilidades a los estudiantes, que en un futuro cercano serán profesionales. Lo anterior permite pensar que la Modelación es una *herramienta de formación* en matemáticas durante los estudios universitarios, propiamente en el campo ingenieril, donde se reconozca el contexto como elemento aportante que dota de significado el proceso de aprendizaje y permita dicha articulación.

La ingeniería de diseño, lugar de indagación

En la Universidad EAFIT (Medellín, Colombia), en el programa de Ingeniería de Diseño, se imparte un curso de *Modelación Matemática*; este espacio de formación tiene como propósito acercar a los estudiantes a reconocer las conceptualizaciones matemáticas que existen en los objetos propios del entorno o en aquellos diseñados por los participantes. El trabajo es desarrollado en tres momentos: el primero, llamado fase de *exploración*, que permite a los estudiantes indagar sobre los conceptos matemáticos que surgen en diferentes escenarios de la "vida real" a través de la selección de imágenes y de las asociaciones que logran establecer desde referentes geométricos, métricos, variacionales, numéricos y estadísticos. Un segundo momento es la fase de *investigación guiada*, donde ellos definen una propuesta creativa que vincula diferentes aspectos estéticos y conceptuales de la matemática y el diseño para definir el modelo de su interés. Está idea se fortalece desde un corto proceso investigativo, donde se reconocen aspectos relevantes desde el diseño como por ejemplo la transformación del objeto a lo largo de la historia o en relación con las matemáticas, el reconocimiento de las formas geométricas (figuras y cuerpos) que definen el objeto creado. En la tercera fase, denominada *síntesis*, se construye y valida el modelo, exponiendo las ideas y resultados obtenidos a expertos en el tema.

Un análisis de las producciones de los estudiantes, desarrolladas en estas fases, muestra por un lado, que los diseños tienen un fuerte componente geométrico asociado con los cursos de dibujo que se encuentran en su currículo y que ocultan relaciones matemáticas tales como el costo, el tipo de materiales, entre otros. Por el otro, presentan una desarticulación entre los conceptos matemáticos y el conocimiento propio del área de diseño, factores necesarios para desarrollar el proyecto final. Al observar y estudiar los anteriores aspectos, se reconoce que la Modelación Matemática puede ayudar a articular el conocimiento matemático con el conocimiento propio del área de formación del Ingeniero de Diseño.

Desde lo propuesto por Biembengut y Hein (2004) con la modelación "el aprendizaje se hace más rico, considerando que el alumno no sólo aprende matemática inserta en el contexto de otra área de conocimiento, sino que también despierta su sentido crítico y creativo" (p. 107). Esto hace ver los contextos como herramientas fundamentales para la apropiación de conocimientos

matemáticos como lo establecen Masingila et al. (1996), Greer (1997) y Beswick (2011) entre otros, lo que permite que el estudiante re-signifique sus planteamientos y reconozca una mejor integración entre los elementos teóricos y prácticos (J. A. Villa-Ochoa & Jaramillo, 2011).

A continuación se presentará un episodio extraído de las experiencias de aula que se han desarrollado con estudiantes de Ingeniería de Diseño.

El episodio

En la *fase de exploración*, uno de los estudiantes seleccionó, entre muchas otras imágenes, un carro de supermercado ecológico y lo describió como "*un objeto constituido por un prisma central; cuatro ruedas cilíndricas y soportes laterales rectangulares"*. Estas conceptualizaciones dan cuenta del reconocimiento de figuras geométricas, pero parece no relacionarse con el funcionamiento del objeto ni lo que ello implica en su estructura de diseño. La vinculación de la matemática en esta fase, se muestra ligada a lo estético, enfatizando su uso artificial e independiente a la constitución del objeto mismo. Estas elaboraciones dan cuenta de cómo el carácter geométrico de los objetos tiene gran relevancia en la formación de Ingenieros de Diseño, lo que muestra que es necesario profundizar y asociar las preconcepciones a la formación matemática para lograr que el estudiante aplique la matemática en el contexto escogido por él para desarrollar su trabajo.

Para la *fase de investigación guiada*, el estudiante seleccionó como referente de creación un carro de supermercado ecológico. A partir de esta idea consolida una nueva, que le permitió generar un nuevo diseño. En este caso, él formuló su iniciativa de la siguiente manera: *Generar un carro de transporte para uso interno en la universidad (Figura. 1), el cual consta de una base, que facilita el desplazamiento de objetos pesados, una banda elástica para el soporte de la carga, una pieza plegable para guardar libros y/o carteleras, unas manijas rectangulares para empujarlo, llanta cilíndricas y una palanca de freno"*.

Figura 1. ***Dibujo propuesto en la fase de investigación.***

Los estudiantes antes de consolidar el modelo a escala, que representa el diseño en la tridimensional, realizan una descomposición geométrica del objeto a crear, que es llamado en este campo la *geometrización* (Velásquez, 2007) considerada como el proceso de trasladar la propuesta a formas geométricas, estableciendo relaciones entre los espacios y las formas, para definir un conjunto de ellas que consoliden el producto final. Los estudiantes realizan minuciosamente este proceso (*Figura 2*), indicando cada una de las formas que componen el objeto, definiendo sus medidas y dimensiones para calcular el área y el volumen respectivo, en caso de requerirlo.

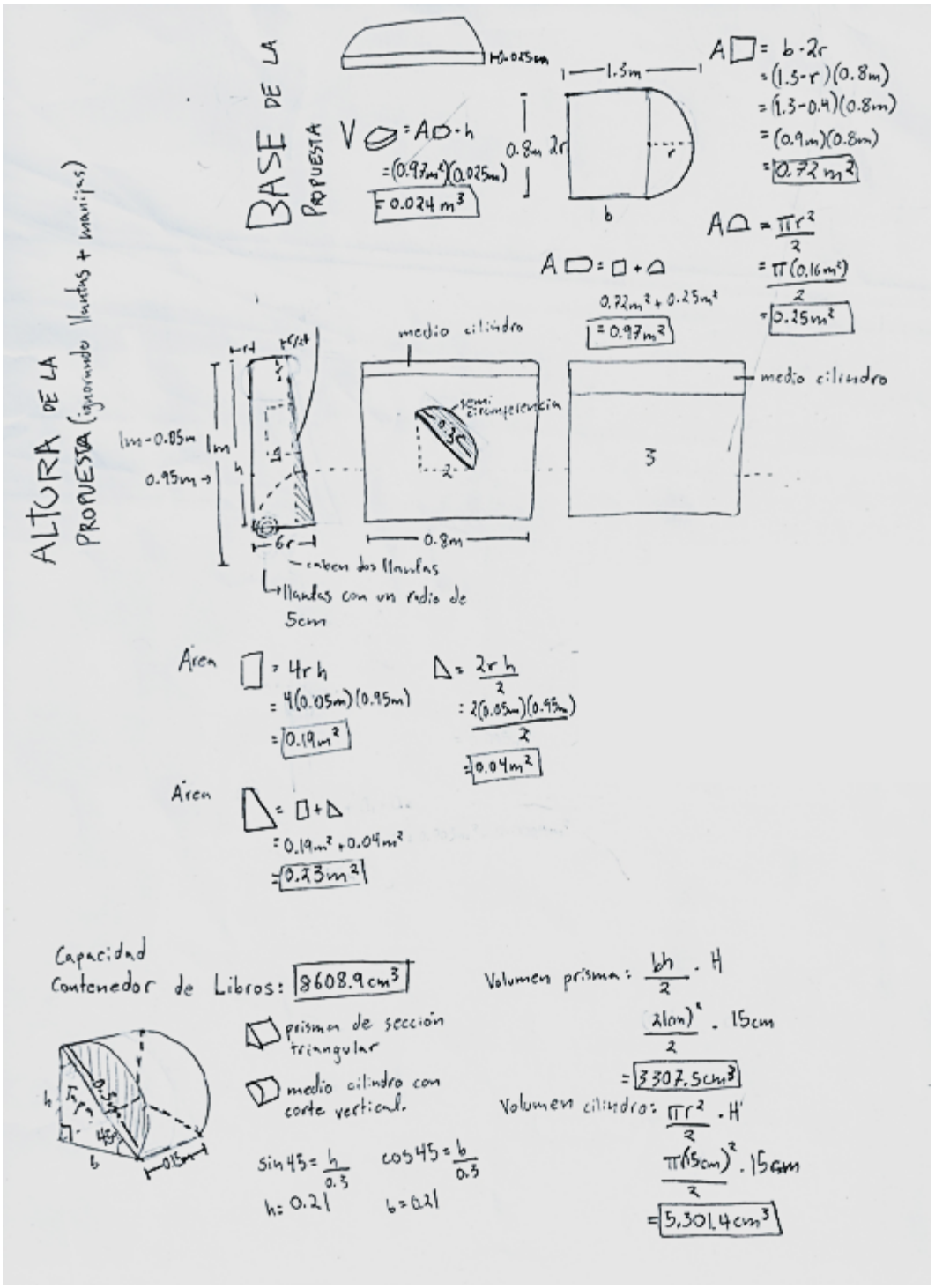

Figura 2. ***Geometrización del diseño.***

A partir de la Figura 2, se percibe que las matemáticas parecen ser usadas de una forma "artificial", es decir, los estudiantes realizan procesos algorítmicos para describir el objeto, pero no sustentan la definición de variables importantes que intervienen en el diseño mismo, como son las proporciones entre las formas, los patrones de crecimiento y otras relaciones matemáticas

involucradas en su elaboración. De esta manera, la idea de diseño queda sujeta a la creatividad, pero no parece vincular el conocimiento matemático con el conocimiento propio del área, para refinar la iniciativa hasta convertirla en una idea realizable o reconocer la imposibilidad de la ejecución de la misma.

En el tercer momento del proceso de aula, *fase de síntesis,* los estudiantes consolidan la idea formulada en un modelo físico. El estudiante, al que se refiere este episodio, construye un modelo físico a escala que se presenta en la Figura 3.

Figura 3. ***Modelo físico producido en la fase de síntesis.***

Adicional al modelo físico, el estudiante presentó una descripción de las características que tendría el objeto creado. En el siguiente fragmento da cuenta de los aspectos estéticos pero también de resistencia según los cálculos matemáticos realizados.

> *El móvil, está diseñado para soportar una masa de 40 kilogramos y un peso de 400 Newton, siendo su masa de 8 kilogramos, que lo hace ligero y permite una manipulación sencilla por parte de los usuarios. Consta además, de dos contenedores, que sirven para almacenar libros o materiales. Tiene forma de prisma triangular unido a medio cilindro con corte vertical, ($V_{contenedor1} = \frac{bh}{2} * H + \frac{\pi r^2}{2} * H$) y el otro, en forma de cilindro donde se pueden guardar carteleras ($V_{contenedor2} = \pi r^2 h = 14137.16\ cm^3$ con un radio de 7.5 cm y altura de 80 cm) y 3 llantas (cilindros de 10cm de radio) que giran en un solo eje, lo que permite que el vehículo se desplace hacia cualquier lugar.*

Estas descripciones llevan a pensar que los estudiantes han logrado algunas "comprensiones sobre los conceptos matemáticos"; puesto que se fundamenta en algunos de ellos como partes que consolidan el modelo y realizan sustentaciones de estas selecciones desde los procedimientos asociados a la *geometrización*, pero estos quedan relegados a formas que

definen el objeto y no a la funcionalidad y validación del modelo que es el propósito definido para esta última fase del proceso.

A manera de conclusión

La vinculación de un contexto para el aprendizaje de las matemáticas posibilita a los estudiantes una apropiación de los aprendizajes dotándolos de significado y relevancia (Masingila et al., 1996). Para el caso del episodio presentado, el contexto está asociado a la selección de un objeto de diseño, el cual se convierte en una alternativa de aprendizaje para los estudiantes de Ingeniería de Diseño, puesto que pone en juego sus intereses y los hace sensibles ante la realidad.

Como se mostró en el apartado anterior, los trabajos desarrollados, en las tres fases, parten de la elección de un problema propio del contexto, la formulación asociada al mismo y su posible solución a través del diseño y la matemática. Estos aspectos, se encuentran inscritos dentro de lo que se describe como Modelación Matemática propuesta por Blum et al. (2007), Blum y Borromeo-Ferri (2009), Villa-Ochoa (2007), entre otros. Sin embargo, pese a que existe un contexto, los estudiantes vinculan relaciones extra-matemáticas, pero no intra-matemáticas. Es decir, el reconocimiento de las matemáticas en este contexto, se centra en aspectos "externos" como la forma y lo estético pero no involucran variables que afectarían directamente la situación.

Estos desarrollos alcanzados por los estudiantes, muestran que los conocimientos adquiridos en la escuela parecen ser producto, en algunos de casos, de un paradigma de transmisión de instrucción y pueden ser en gran medida carentes de significado (faltos de conexión, relevancia, objetivo específico), como claramente lo expone Masingila et al. (1996). Sin embargo, es importante que el proceso de formación, en especial de un ingeniero, involucre actividades propias de la "vida real" que con frecuencia son recomendadas por la capacidad que tienen para motivar al estudiante y permitirle mayor participación de su proceso de aprendizaje en el que pone en juego todas sus capacidades. Beswick (2011) establece que la relación con el contexto mejora la accesibilidad a las matemáticas y por ende la comprensión de la situación puesto que es indispensable vincular estrategias para resolver el problema matemático.

Lo anterior, coincide con las exigencias actuales en la formación de los ingenieros, que plantea la necesidad de un saber específico aplicado a un contexto, generando la reflexión en torno a los problemas "reales", puesto que ellos no solamente ayudan a los estudiantes a hacer conexiones entre las matemáticas y "la realidad", sino a desarrollar significativa y flexiblemente el uso de los conceptos matemáticos cuando y como es requerido.

Por lo anterior, es necesario repensar una forma para que las conceptualizaciones vayan más allá de justificar de una manera superficial las matemáticas presentes en el diseño. Esto supone buscar estrategias para que los estudiantes desarrollen ideas que les permitan analizar la situación a la que se enfrentan y puedan, posteriormente, aplicarlas como herramientas conceptuales para resolver otros problemas (Trigueros, 2009; Velásquez, 2007). Lo anterior, conlleva a pensar en la Modelación Matemática, como una herramienta para el estudiante, con la que pueda construir una "realidad", estructurarla, matematizarla y reflexionarla; donde la enseñanza de la matemática este en constante cambio entre lo concreto y lo abstracto dotando el aprendizaje de sentido para el estudiante.

Agradecimientos

En esta sección reconocemos la ayuda de personas e instituciones que aportaron significativamente al desarrollo de la investigación como son el grupo de investigación en Educación Matemática e Historia (EDUMATH), a los estudiantes de Ingeniería de Diseño de la Universidad EAFIT y a los miembros de la Red Colombiana de Modelación en Educación Matemática por las sugerencias a las versiones previas de este documento.

Referencias y bibliografía

Beswick, K. (2011). Putting context in context: an examination of the evidence for the benefits of "contextualised" tasks. *International Journal of Science and Mathematics Education, 9*(2), 367-390. doi: 10.1007/s10763-010-9270-z

Biembengut, M., & Hein, N. (2004). Modelación matemática y los desafíos para enseñar matemática. *Educación Matemática, 16*(2), 105-125.

Blum, W., & Borromeo-Ferri, R. (2009). Mathematical Modelling: Can It Be Taught And Learnt? *Journal of Mathematical Modelling and Application, 1*(1), 45-58.

Blum, W., Galbraith, P., Henn, H., & Niss, M. (Eds). (2007). *Modelling and Applications in Mathematics Education. The 14th ICMI Study* (Vol. 10). New York: Springer.

Camarena, P. (2012). La modelación matemática en la formación del ingeniero. *Revista brasileira de ensino de ciência e tecnologia, 5*(3), 1-10.

Córdoba, F. J. (2011). *La modelación en Matemática Educativa: una práctica para el trabajo de aula en ingeniería.* (Maestría no publicada), CICATA-Instituto Politécnico Nacional, México, Dristito Federal.

Greer, B. (1997). Modelling reality in mathematics classrooms: The case of word problems. *Learning and Instruction, 7*(4), 293-307. doi: http://dx.doi.org/10.1016/S0959-4752(97)00006-6

Masingila, J. O., Davidenko, S., & Prus-Wisniowska, E. (1996). Mathematics learning and practice in and out of school: A framework for connecting these experiences. *Educational Studies in Mathematics, 31*(1-2), 175-200. doi: 10.1007/BF00143931

Trigueros, M. (2009). El uso de la Modelación en la Enseñanza de las Matemáticas. *Innovación Educativa, 9*(46), 75-87.

Velásquez, A. (2007). Geometrización. Memorias del curso Proyecto VI. Medellín, Colombia.: Universidad EAFIT.

Villa-Ochoa, J. (2007). La Modelación como Proceso en el Aula de Matemáticas: Un Marco de Referencia y un Ejemplo. . *Tecno LóGicas, 19*, 63-86.

Villa-Ochoa, J. A., & Jaramillo, C. M. (2011). Sense of Reality through mathematical modeling. In G. Kaiser, W. Blum, R. Borromeo Ferri & G. Stillman (Eds.), *Trends in the teaching and learning of mathematical modelling – ICTMA14* (pp. 701-711). New York: Springer.